

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

1^{re} PUBLICATION

- ②2 Date de dépôt 7 novembre 1972, à 14 h 19 mn.
④1 Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — «Listes» n. 50 du 14-12-1973.
- ⑤1 Classification internationale (Int. Cl.) F 25 j 3/00.
- ⑦1 Déposant : ZAKON Tsadok, résidant en Israël.
- ⑦3 Titulaire : *Idem* ⑦1
- ⑦4 Mandataire : Cabinet Technique, Ch. Assi & L. Genès.
- ⑤4 Procédé de séparation de mélanges gazeux avec récupération d'énergie mécanique et appareil
pour la mise en œuvre du procédé.
- ⑦2 Invention de :
- ③3 ③2 ③1 Priorité conventionnelle : *Demande de brevet déposée en Grande-Bretagne le
27 mars 1972, n. 14.347/1972 au nom du demandeur.*

La présente invention est relative à la séparation de mélanges gazeux à basse température avec récupération ultérieure d'une grande partie de l'énergie requise pour ladite séparation.

De nombreux efforts ont été faits par l'industrie pour réduire les exigences en énergie pour la séparation des mélanges gazeux et dans la plupart des cas ces efforts ont été concentrés sur l'abaissement de la pression à laquelle le mélange gazeux doit être comprimé avant de pénétrer dans la colonne de fractionnement.

Il est cependant possible de réaliser une économie considérable de l'énergie mécanique nette dépensée dans la séparation d'un mélange gazeux en faisant fonctionner la colonne de fractionnement à des pressions élevées, en extrayant les fluides constitutants à l'état comprimé, en les réchauffant, et en les détendant dans une machine à détente, ce qui permet de récupérer une grande partie de l'énergie mécanique initialement dépensée dans la compression du mélange gazeux.

Dans la description qui va suivre, l'expression "colonne de fractionnement" désigne une colonne de fractionnement comportant une ou plusieurs zones de fractionnement, telles que des étages de fractionnement, ces zones n'étant pas forcément disposées les unes au-dessus des autres. L'expression "fluide constituant" désigne une fraction d'un mélange gazeux à point d'ébullition/différent obtenue au cours du fractionnement, et pas seulement des constituants purs. L'expression "fluide constituant" s'applique aussi à une fraction à point d'ébullition différent dans laquelle un combustible a été brûlé et qui contient également de ce fait de l'anhydride carbonique, de la vapeur d'eau et autre. Les termes "azote" et "oxygène" ne désignent pas seulement ces éléments purs mais également des fluides constitutants essentiellement composés d'azote ou d'oxygène.

En plus des précédentes, on a utilisé, dans la présente description et les revendications, les expressions suivantes:

"Pression intermédiaire" : pression supérieure à la pression atmosphérique et d'un niveau tel qu'il soit possible de produire avec profit de l'énergie mécanique en détendant un gaz dans une machine à détente depuis ladite pression intermédiaire jusqu'à une pression plus basse convenable, de préférence la pression atmosphérique.

"Haute pression" : pression supérieure à la pression inter-

médiaire, mais inférieure à la pression critique du mélange gazeux.

"Accumulateur" : accumulateur du type Fraenkl, récupérateur, régénérateur, échangeur de chaleur réversible, ou tout autre appareil convenant à des relations d'échange de chaleur entre des fluides constituants qui s'échappent de la colonne de fractionnement et le mélange gazeux qui y pénètre.

"Accumulateur de froid" : accumulateur destiné à refroidir l'arrivée d'alimentation en mélange gazeux.

10 "Accumulateur de chaleur" : accumulateur destiné à réchauffer le ou les fluides constituants.

"Source de chaleur" : mélange de gaz chauds, gaz de combustion d'un générateur à vapeur, éléments combustibles d'un réacteur nucléaire, ou tout autre corps pouvant fournir de la chaleur, 15 directement ou par l'intermédiaire d'un autre milieu, au ou aux fluides constituants. C'est ainsi qu'une source de chaleur peut être également constituée par de l'oxygène ou de l'air et/ou un combustible introduits et brûlés dans le fluide constituant.

Lorsque la colonne de fractionnement est destinée à fonctionner à des pressions élevées, le ou les fluides constituants peuvent s'en échapper à une pression intermédiaire. Ce ou ces fluides constituants émergent alors des accumulateurs de froid en phase gazeuse, à la température ambiante et à l'état comprimé. 20

Le mélange gazeux d'entrée, qui a été chauffé par compression, peut être refroidi, non seulement par de l'eau de refroidissement, comme il est habituel dans les installations classiques de séparation de mélanges gazeux, mais également par le ou les fluides constituants qui s'échappent des accumulateurs de froid. A titre de variante, ledit mélange gazeux peut être refroidi uniquement par le ou les fluides constituants qui s'échappent des accumulateurs de froid. Ainsi, une partie importante de la chaleur engendrée par la compression du mélange gazeux peut être communiquée au ou aux fluides constituants et reconvertie dans une large mesure en énergie mécanique par détente de ce ou 30 ces fluides constituants dans une ou des machines à détente, comme par exemple une ou des turbines à gaz. 35

L'énergie mécanique engendrée par le ou les fluides constituants dans la ou les machines à détente peut être considérablement augmentée si, après que l'opération d'échange de chaleur 40 avec le mélange gazeux chaud comprimé d'entrée a eu lieu, le ou

les fluides constituants est ou sont encore réchauffés par une autre source de chaleur, par exemple par les gaz de combustion d'un réchauffeur à galets, d'un réchauffeur à gaz à combustion interne, ou d'une génératrice à vapeur. A titre de variante, le
5 fluide constituant peut être réchauffé directement en l'enrichissant en oxygène et en brûlant un combustible en son sein. On peut alors réaliser des conditions telles que le ou les fluides constituants réchauffés produise ou produisent une proportion considérable de l'énergie mécanique requise pour la compression du mélange gazeux en vue de sa séparation.

En outre, une partie importante de la chaleur qui reste dans le ou les fluides constituants après sa ou leur détente dans une ou des machines à détente, ainsi qu'une partie de la chaleur engendrée au cours de la compression du mélange gazeux,
15 peuvent être communiquées au ou aux fluides de travail d'une génératrice à vapeur. A titre de variante, une partie importante de la chaleur qui reste dans le ou les fluides constituants après sa ou leur détente dans une ou des machines à détente, ainsi qu'une partie de la chaleur engendrée au cours de la compression du mélange gazeux, peuvent être communiquées au fluide constituant lui-même dans un récupérateur, comme il sera expliqué ci-après.

Quand un fluide constituant est réchauffé par les gaz de combustion d'un réchauffeur à galets ou d'un réchauffeur à gaz
25 à combustion interne, ces gaz de combustion peuvent être encore utilisés pour réchauffer les fluides chauffés d'une génératrice à vapeur (vapeur, eau, ou air).

Quand le ou les fluides constituants est ou sont réchauffés par les gaz de combustion d'une génératrice à vapeur, la possibilité d'utilisation des relations d'échange de chaleur citées
30 plus haut est accrue par le fait que, même dans les cycles avancés de vapeur, environ 70% de la chaleur est prise à une température inférieure ou égale à la température de saturation. C'est pourquoi le rendement de la génératrice à vapeur n'est pas
35 diminué de façon appréciable, en dépit du fait que les températures auxquelles la chaleur est extraite des gaz de combustion sont plus élevées que les températures auxquelles la chaleur est ramenée à la génératrice à vapeur lorsque son ou ses fluides de travail est ou sont réchauffés par la détente du ou
40 des fluides constituants, pourvu que ladite différence de tempé-

rature ne soit pas trop grande.

Lorsqu'on effectue la séparation de mélanges gazeux, il peut être souhaitable pour des raisons pratiques de ne détendre que certains des fluides constituants dans la ou les machines à détente et d'emmener l'autre ou les autres fluides constituants, à l'état comprimé, à une installation de liquéfaction, à un stockage, ou directement aux consommateurs. Ainsi par exemple, lorsqu'on effectue la séparation de l'air, l'azote peut être réchauffé et détendu dans une machine à détente pour produire de l'énergie mécanique, tandis que l'oxygène peut être encore comprimé, ou conduit à une installation de liquéfaction d'oxygène, ou encore distribué directement aux consommateurs.

Lorsque la colonne de fractionnement est destinée à l'extraction d'un ou plusieurs fluides constituants à une pression intermédiaire, la séparation du mélange gazeux a lieu à la pression intermédiaire si la colonne de fractionnement possède une seule zone de fractionnement et à haute pression et à pression intermédiaire si la colonne de fractionnement possède plusieurs zones de fractionnement.

Lorsqu'on a choisi la pression intermédiaire à laquelle le ou les fluides constituants s'échappent de la colonne de fractionnement à deux zones, la haute pression de cette colonne est déterminée par la nécessité de réaliser dans son condenseur la différence reprise entre la température d'évaporation du fluide constituant à point d'ébullition élevé (comme par exemple l'oxygène, pour l'air) et la température de condensation du fluide constituant à point d'ébullition bas (comme par exemple l'azote, pour l'air). D'autre part, la haute pression est limitée par la pression critique du mélange gazeux, puisqu'au voisinage du point critique tant les densités que les compositions des phases gazeuse et liquide du mélange gazeux diffèrent peu entre elles, ce qui gêne le fractionnement.

Par ailleurs, si la colonne de fractionnement est prévue pour fonctionner à des températures élevées, on obtient les avantages suivants:

- 1 - Les dimensions de certains des appareils peuvent être relativement plus réduites en raison des densités plus élevées du matériau manipulé.
- 2 - Le transfert de chaleur dans les échangeurs est amélioré en raison des pressions plus élevées des fluides qui entrent

BAD ORIGINAL

en relations d'échanges de chaleur.

3 - Les pertes de froid sont inférieures car l'installation entière fonctionne à des températures relativement plus élevées.

4 - L'efficacité de l'effet Joule-Thompson est augmentée
5 puisque l'étranglement est effectué à partir de pressions plus élevées.

Suivant l'une des caractéristiques de la présente invention, un procédé de séparation de mélanges gazeux par fractionnement avec production ultérieure d'énergie mécanique par au moins l'un
10 des fluides constituants séparés, consiste successivement à effectuer l'opération de fractionnement dans au moins une zone de fractionnement, au moins l'une desdites zones fonctionnant à une pression intermédiaire telle que définie ci-dessus, à achever la séparation d'au moins l'un des fluides constituants du mélange
15 gazeux à ladite pression intermédiaire, à extraire de la colonne de fractionnement ledit au moins fluide constituant séparé à ladite pression intermédiaire, à le réchauffer, et à le détendre dans au moins une machine à détente avec production d'énergie mécanique.

20 Suivant une autre caractéristique de la présente invention, un appareil de séparation de mélanges gazeux par fractionnement avec production ultérieure d'énergie mécanique par au moins l'un des fluides constituants séparés, comporte une colonne de fractionnement équipée d'au moins une zone de fractionnement, au
25 moins l'une desdites zones étant susceptible d'achever la séparation d'au moins l'un des fluides constituants du mélange gazeux à une pression intermédiaire, des moyens pour extraire de la colonne de fractionnement l'un au moins des fluides constituants à ladite pression intermédiaire, des moyens pour mettre
30 ledit au moins fluide constituant dans une relation d'échange de chaleur avec au moins une source de chaleur, et des moyens pour faire produire audit au moins fluide constituant de l'énergie mécanique dans au moins une machine à détente.

Le mélange gazeux préféré est l'air, parmi les fluides
35 constituants duquel figurent l'azote et l'oxygène.

L'opération de fractionnement préférée s'effectue dans deux zones de fractionnement, l'une fonctionnant à une pression intermédiaire et l'autre à haute pression.

Lorsqu'on sépare l'air en ses fluides constituants, dont
40 l'un est pratiquement de l'azote et l'autre pratiquement de

l'oxygène, de préférence le fluide constituant qui est pratiquement de l'azote entre en relation d'échange de chaleur avec une source de chaleur et il est ultérieurement détendu dans une machine à détente en produisant de l'énergie mécanique, tandis que
5 l'autre fluide constituant, qui est pratiquement de l'oxygène, est comprimé davantage, ou amené à une installation de liquéfaction, ou au stockage, ou aux consommateurs.

De préférence, l'une des sources de chaleur, avec laquelle le fluide constituant qui est pratiquement de l'azote entre en
10 relation d'échange de chaleur, est constituée par le mélange gazeux comprimé.

De préférence, le ou les fluides constituants, qui est ou sont destinés à se détendre dans une ou des machines à détente est ou sont additionnellement réchauffés par une source de chaleur externe, postérieurement à ses ou leurs relations d'échange
15 de chaleur avec le mélange gazeux chaud comprimé. Ladite source de chaleur peut être constituée par les gaz des tubes-foyers d'une génératrice à vapeur, d'un réchauffeur à galets, ou d'un réchauffeur à gaz à combustion interne. Le fluide constituant
20 peut également être réchauffé directement par un mélange combustible/air ou oxygène brûlé, soit au sein du fluide constituant, soit à son voisinage.

De préférence, une partie importante de la chaleur qui reste dans le ou les fluides constituants après sa ou leur détente
25 dans une ou des machines de détente est fournie à l'eau, à la vapeur, ou à l'air d'une chaudière pour la combustion du combustible dans une génératrice à vapeur.

Les moyens préférés pour effectuer l'opération du fractionnement consistent en une colonne de fractionnement à deux étages
30 prévue pour un fractionnement à une haute pression et à une pression intermédiaire.

Les moyens préférés pour établir la relation d'échange de chaleur entre le ou les fluides constituants qui s'échappent de ladite colonne de fractionnement et le mélange gazeux sont constitués par un accumulateur de chaleur.
35

Les moyens préférés pour le réchauffage additionnel du ou des fluides constituants sont constitués par un échangeur de chaleur en matériau résistant à la chaleur.

Les moyens préférés pour réaliser la détente du ou des
40 fluides constituants avec production d'énergie mécanique sont

constitués par une ou des turbines à gaz.

Un exemple de l'invention, dans le cas où le mélange gazeux à séparer est l'air, est représenté aux dessins annexés, dans lesquels :

5 La figure 1 montre le tracé schématique d'une installation conforme à l'invention, lorsque la fraction d'azote séparée est réchauffée par les gaz de combustion d'une génératrice à vapeur et transmet la chaleur qui subsiste après sa détente dans une turbine à gaz, aux fluides de travail de la même génératrice
10 à vapeur.

La figure 2 montre le tracé schématique d'une installation conforme à l'invention, lorsque la fraction d'azote séparée est réchauffée en l'enrichissant avec de l'oxygène de l'air, et en brûlant un combustible au sein de ladite fraction d'azote enri-
15 chie en oxygène, la chaleur subsistant dans ladite fraction d'azote, après sa détente dans une turbine à gaz, étant transmise aux fluides de travail d'une génératrice à vapeur qui fournit en vapeur une turbine à vapeur qui contribue à l'entraînement du compresseur à air et du compresseur à oxygène.

20 La figure 3 montre le tracé schématique d'une installation conforme à l'invention, lorsque la fraction d'azote séparée est réchauffée en l'enrichissant avec de l'oxygène de l'air et en brûlant un combustible au sein de ladite fraction d'azote enrichie en oxygène, la chaleur subsistant dans ladite fraction d'
25 azote après sa détente dans une turbine à gaz étant transmise dans un récupérateur à la fraction d'azote avant que celle-ci ne soit réchauffée par la combustion du combustible.

Comme on le voit à la figure 1, l'alimentation principale en air, après élimination de la poussière, de l'humidité et de
30 l'anhydride carbonique (l'appareil qui réalise cette purification n'est pas représenté sur la figure), est comprimée dans un compresseur 12, refroidie dans un refroidisseur 23, de nouveau comprimée dans un compresseur 34 jusqu'à la haute pression définie plus haut, entre en relation d'échange de chaleur avec l'
35 azote séparé dans des accumulateurs de chaleur 45, et est ensuite refroidie dans le refroidisseur 56 jusqu'à la température ambiante, à laquelle l'alimentation principale en air pénètre dans les accumulateurs de froid 672 et 673.

A partir des accumulateurs de froid 672 et 673, l'alimen-
40 tation principale en air froid est amenée à la colonne de frac-

72 39283

2182785

tionnement 671 qui peut être de tout type classique convenable, pourvu qu'elle puisse fonctionner à la pression intermédiaire et à la haute pression définies ci-dessus.

5 L'oxygène et l'azote séparés sont extraits de la colonne de fractionnement 671, amenés respectivement aux accumulateurs de froid 672 et 673, et s'échappent de ces accumulateurs respectifs à la température ambiante et à une pression intermédiaire.

10 L'oxygène séparé va de l'accumulateur de froid 672 jusqu'à l'installation de liquéfaction 200, tandis que l'azote séparé entre en relation d'échange de chaleur avec l'alimentation principale d'air chaud à l'entrée dans les accumulateurs de chaleur 45 où ledit azote est réchauffé. Il est ensuite amené dans un échangeur de chaleur qui, dans cet exemple particulier, est disposé à l'intérieur de la chambre de combustion (non représentée) 15 de la génératrice de vapeur 89, où il reçoit de la chaleur supplémentaire provenant des gaz de combustion. Depuis la génératrice 89, l'azote va vers la turbine à gaz 910 dans laquelle il se détend en produisant de l'énergie mécanique. A partir de la turbine à gaz 910, l'azote est de nouveau conduit à la génératrice 89, où il cède une grande partie de la chaleur qu'il a 20 conservée après sa détente à l'eau de la chaudière, à la vapeur et à l'air qui sert à la combustion du combustible dans la génératrice 89.

25 Comme l'azote séparé est un gaz sec et non corrosif, il peut non seulement se détendre dans la turbine à gaz 910 à partir de températures assez élevées, mais encore également s'échapper de la génératrice 89 à des températures relativement basses sans aucun danger de corrosion pour les éléments de cette génératrice 89.

30 Comme on le voit à la figure 2, les organes 45, 56, 671, 672 et 673 remplissent les mêmes rôles que ceux expliqués à propos de la figure 1. Cependant, dans ce mode de réalisation de la présente invention, l'air est comprimé jusqu'à la haute pression par le compresseur à air 14 en un seul étage. L'oxygène, 35 après avoir quitté l'accumulateur de froid 672, est amené au compresseur à oxygène 201, refroidi dans le refroidisseur 202, et conduit à l'installation de consommation 203. Une faible fraction de l'air est amenée par la canalisation 86 dans la chambre de combustion 88 pour enrichir en oxygène la fraction d'azote séparée 40 qui pénètre dans la chambre 88 et provient de l'accumulateur

de chaleur 45. Le combustible est amené à la chambre de combustion 88 par la canalisation 87, et il y est brûlé en réchauffant la fraction ~~de~~ d'azote. La fraction d'azote réchauffée, qui contient également les produits de combustion du combustible, est conduite de la chambre de combustion 88 à la turbine à gaz 910, où elle se détend en produisant de l'énergie mécanique qui contribue à l'entraînement des compresseurs 14 et 201. Après détente dans la turbine à gaz 910, la fraction d'azote est amenée à la génératrice de vapeur 101 où elle transmet la plus grande partie de sa chaleur restante aux fluides de travail de cette génératrice 101. La vapeur produite dans la génératrice 101 est utilisée pour entraîner la turbine à vapeur 105 et s'échappe ensuite dans le condenseur 106. La turbine à vapeur 105 et la turbine à gaz 910 fournissent assez d'énergie pour entraîner les compresseurs 14 et 201. Du combustible et de l'air supplémentaires peuvent être amenés à la génératrice de vapeur 101 par la canalisation 103 et la conduite 102 respectivement, de façon à augmenter la quantité de vapeur produite par la génératrice 101.

Comme on le voit à la figure 3, la référence 67 désigne l'installation de séparation d'air qui comporte les organes 671, 672 et 673 de la figure 2. Les organes 12, 23, 34, 45, 56, 87, 88, 910 et 201 remplissent les mêmes rôles que ceux expliqués à propos de la figure 2. Cependant, dans ce mode de réalisation de l'invention, l'air de combustion est fourni par un compresseur séparé 35, et il est réchauffé dans le réchauffeur d'air 36 par une partie de la vapeur détendue de la fraction d'azote qui s'échappe de la turbine à gaz 910. Cette partie de la vapeur de la fraction d'azote s'échappe ensuite dans l'atmosphère à travers la conduite 107. La fraction d'azote comprimée, après avoir quitté les accumulateurs de chaleur 45, pénètre dans le récupérateur 1021 où elle est préchauffée par l'autre partie de la vapeur détendue de la fraction d'azote qui s'échappe de la turbine à gaz 910. La fraction d'azote préchauffée pénètre ensuite dans la chambre de combustion 88. Le combustible (par exemple du méthane) pénètre par la conduite 87 dans le récupérateur 1021, où il est préchauffé. L'air provenant du réchauffeur d'air 36 et la fraction d'azote et le combustible provenant du récupérateur 1021, pénètrent dans la chambre 88, où le combustible est brûlé avec l'oxygène de l'air. La fraction d'azote chaude est ensuite amenée dans la turbine 910, où elle se détend en produi-

sant de l'énergie mécanique. L'oxygène est amené depuis l'installation 67 jusqu'au compresseur à oxygène 201 où il est comprimé à la pression requise.

5 Les installations représentées aux dessins annexés ne constituent que trois des modes de réalisation possibles de la présente invention. On peut employer d'autres moyens pour la compression du mélange gazeux, on peut envisager d'autres usages des fluides constituants séparés, on peut répartir différemment la chaleur engendrée par la compression du mélange gazeux et
10 celle qui subsiste dans le fluide constituant séparé après sa détente dans une machine à détente, et l'on peut enfin utiliser des moyens différents pour réchauffer le ou les fluides constituants, sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

- 1 - Procédé de séparation de mélanges gazeux par fractionnement, avec récupération ultérieure d'une partie importante de l'énergie nécessaire à la séparation, dans lequel le mélange gazeux est d'abord comprimé en au moins un étage, après quoi, successivement :
- 5 a) on réalise l'opération de fractionnement dans au moins deux zones de fractionnement, au moins l'une de ces zones fonctionnant à une pression intermédiaire, c'est-à-dire à une pression supérieure à la pression atmosphérique et telle qu'il soit possible de produire avec profit de l'énergie mécanique en détendant un gaz dans une machine à détente jusqu'à une pression plus basse, de préférence la pression atmosphérique, et au moins une autre zone fonctionnant à haute pression, c'est-à-dire à une pression supérieure à la pression intermédiaire mais inférieure à la
- 10 pression critique du mélange gazeux; b) on achève la séparation d'au moins l'un des fluides constituants du mélange gazeux à ladite pression intermédiaire; c) on le réchauffe et on le détend dans au moins une machine à détente avec production d'énergie mécanique, et caractérisé en ce que :
- 20 A) au moins un fluide constituant séparé est extrait de la colonne de fractionnement à ladite pression intermédiaire;
B) le réchauffage d'au moins un fluide constituant séparé est effectué par relation d'échange de chaleur entre ce fluide constituant et le mélange gazeux comprimé, de sorte qu'une partie importante de la chaleur engendrée par la compression du mélange gazeux est communiquée au dit fluide constituant;
- 25 C) après que l'opération d'échange de chaleur avec le mélange gazeux a eu lieu, ledit fluide constituant est encore réchauffé par une source de chaleur externe; et
D) ledit fluide constituant est détendu dans au moins une machine à détente avec production d'énergie mécanique.
- 30

2 - Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la source de chaleur externe est constituée par les gaz de combustion d'un réchauffeur à galets.

- 35 3 - Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la source de chaleur externe est constituée par les gaz de combustion d'une génératrice de vapeur.

- 4 - Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la source de chaleur externe est constituée par les gaz de combustion d'un réchauffeur de gaz à combustion interne.
- 40

5 - Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la source de chaleur externe est constituée par les éléments combustibles d'un réacteur nucléaire.

5 6 - Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la source de chaleur externe est constituée par un combustible brûlé au sein du fluide constituant.

7 - Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la source de chaleur externe est constituée par les gaz de combustion produits en brûlant un combustible en dehors du fluide constituant, et qui sont introduits ultérieurement dans le fluide constituant.

8 - Procédé suivant l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'une partie importante de la chaleur qui subsiste dans au moins un fluide constituant séparé après sa détente dans au moins une machine à détente est transmise à au moins un fluide de travail d'une génératrice à vapeur.

9 - Procédé suivant l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'une partie importante de la chaleur qui subsiste dans au moins un fluide constituant séparé après sa détente dans au moins une machine à détente est utilisée pour préchauffer le fluide constituant séparé.

10 - Procédé suivant l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le mélange gazeux d'origine est de l'air.

11 - Appareil pour la séparation d'un mélange gazeux par fractionnement avec récupération ultérieure d'une partie importante de l'énergie requise par ladite séparation, en mettant en oeuvre le procédé suivant l'une des revendications 1 à 10, comprenant des moyens pour comprimer le mélange gazeux, une colonne de fractionnement équipée d'au moins deux zones de fractionnement, au moins l'une de ces zones étant susceptible d'achever la séparation d'au moins l'un des fluides constituants du mélange gazeux à une pression intermédiaire et au moins l'une de ces zones étant susceptible de fonctionner à une haute pression, des moyens pour mettre au moins un fluide constituant ainsi extrait dans une relation d'échange de chaleur avec au moins une source de chaleur, et des moyens pour faire produire à au moins un fluide constituant ainsi mis en relation d'échange de chaleur de l'énergie mécanique dans au moins une machine à détente, et caractérisé par : a) des moyens pour extraire de la colonne de fractionnement l'un au moins des fluides constituants à ladite pression intermédiaire;

- b) des moyens pour réchauffer au moins un fluide constituant ainsi extrait, par relation d'échange de chaleur entre ce fluide constituant et le mélange gazeux comprimé, de façon qu'une partie importante de la chaleur engendrée par la compression du mélange gazeux soit communiquée au dit fluide constituant;
- 5 c) des moyens pour un réchauffage additionnel d'au moins un fluide constituant précité par une source de chaleur externe après l'échange de chaleur précité avec le mélange gazeux; et
- d) des moyens pour détendre le fluide précité constituant dans au
- 10 moins une machine à détente, avec production d'énergie mécanique.

12 - Appareil suivant la revendication 11, caractérisé en ce qu'au moins une source de chaleur est constituée par le mélange gazeux comprimé, et que les moyens pour réaliser la relation d'échange de chaleur entre le mélange gazeux comprimé et au

15 moins un fluide constituant ainsi extrait sont constitués par au moins un accumulateur de chaleur.

13 - Appareil suivant l'une des revendications 11 et 12, caractérisé en ce qu'au moins une des sources de chaleur est constituée par les gaz de combustion d'une génératrice à vapeur, et

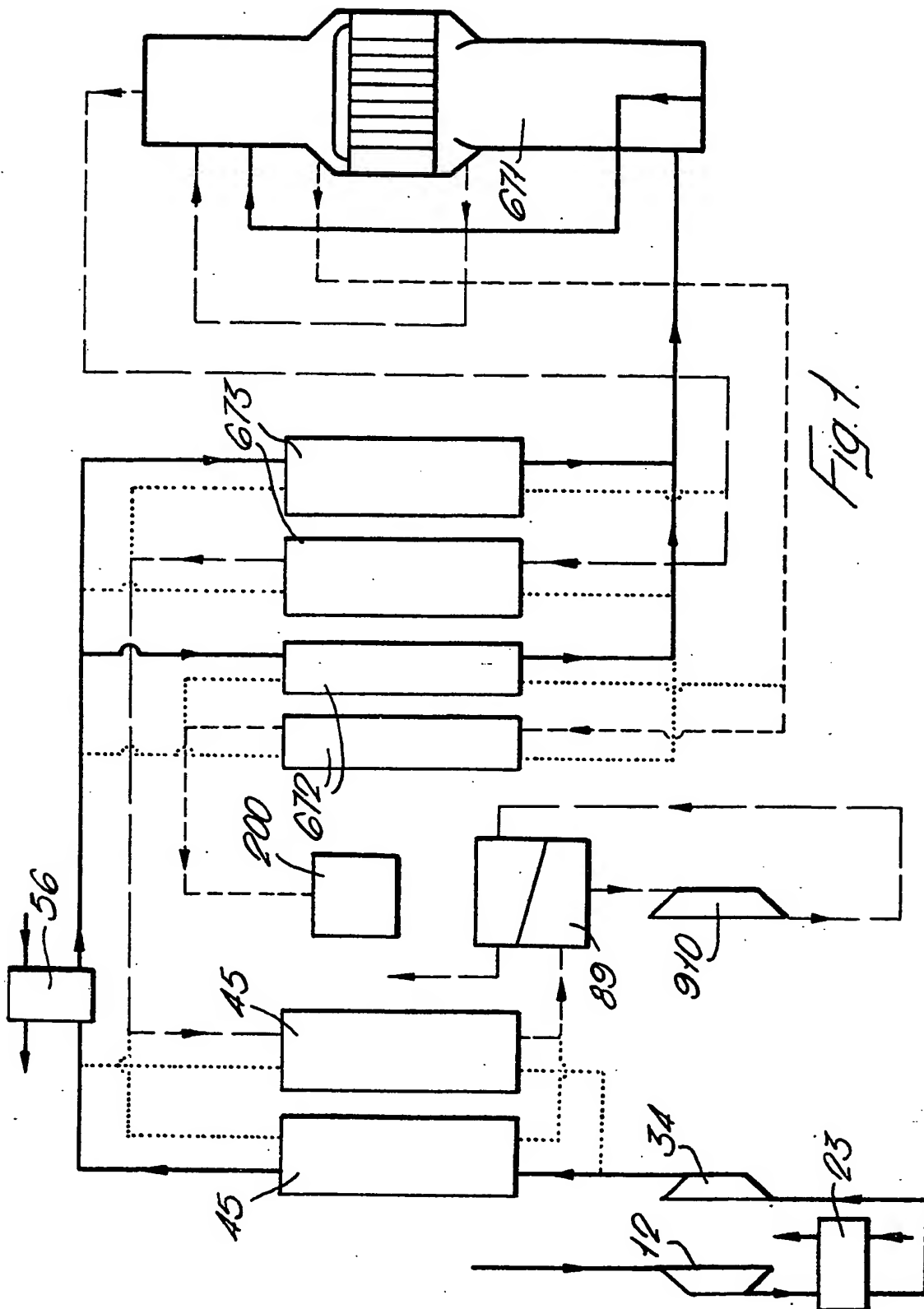
20 que les moyens pour réaliser la relation d'échange de chaleur entre ces gaz de combustion et au moins un fluide constituant séparé sont constitués par au moins un échangeur de chaleur en un matériau résistant à la chaleur.

14 - Appareil suivant la revendication 11, caractérisé en ce que les moyens pour réaliser la relation d'échange de chaleur entre un fluide constituant et une source de chaleur sont constitués par un brûleur.

25

15 - Appareil suivant l'une des revendications 11 à 14, caractérisé, en ce qu'au moins une machine à détente est une turbine à gaz.

30



72 39283

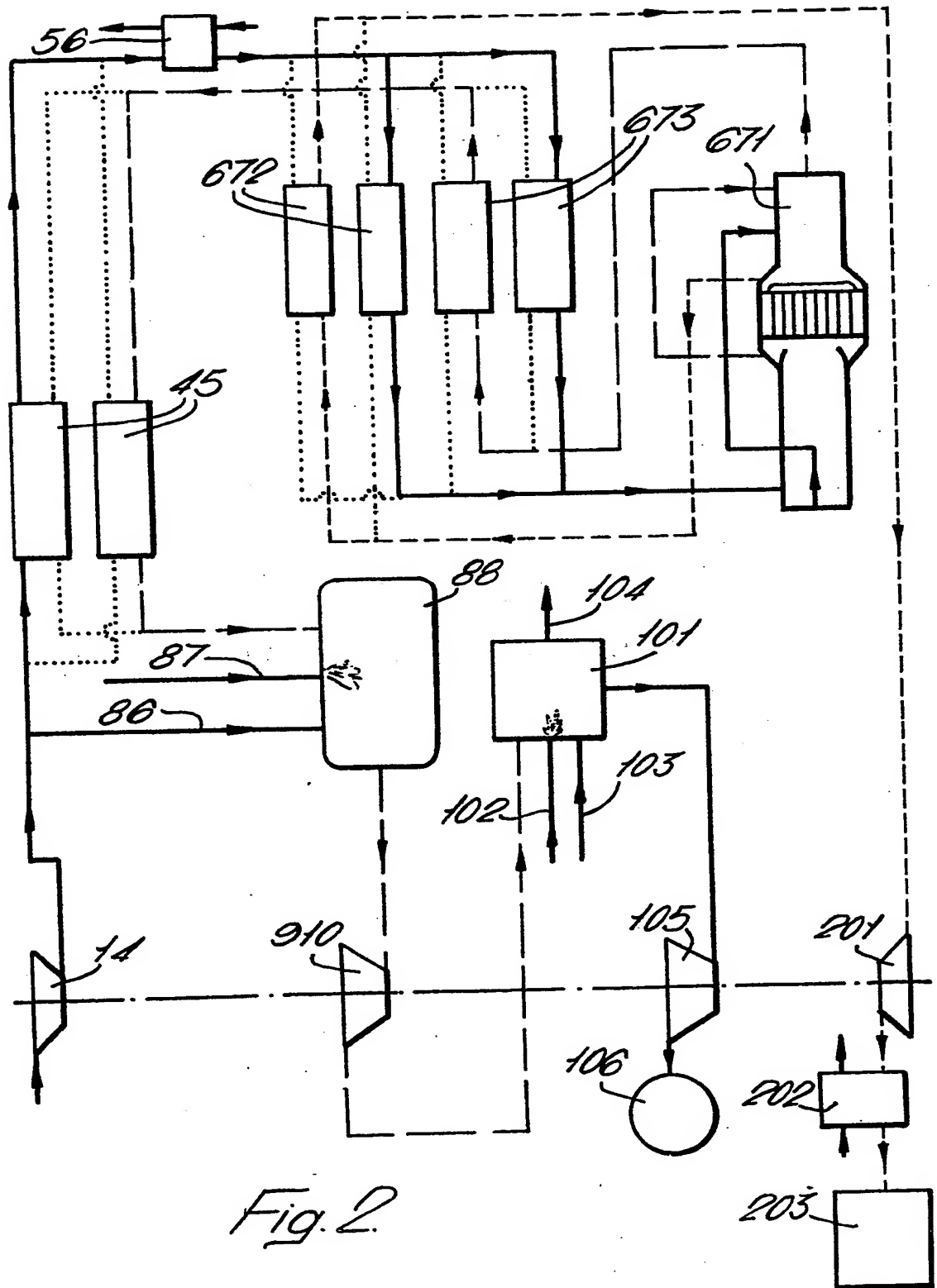
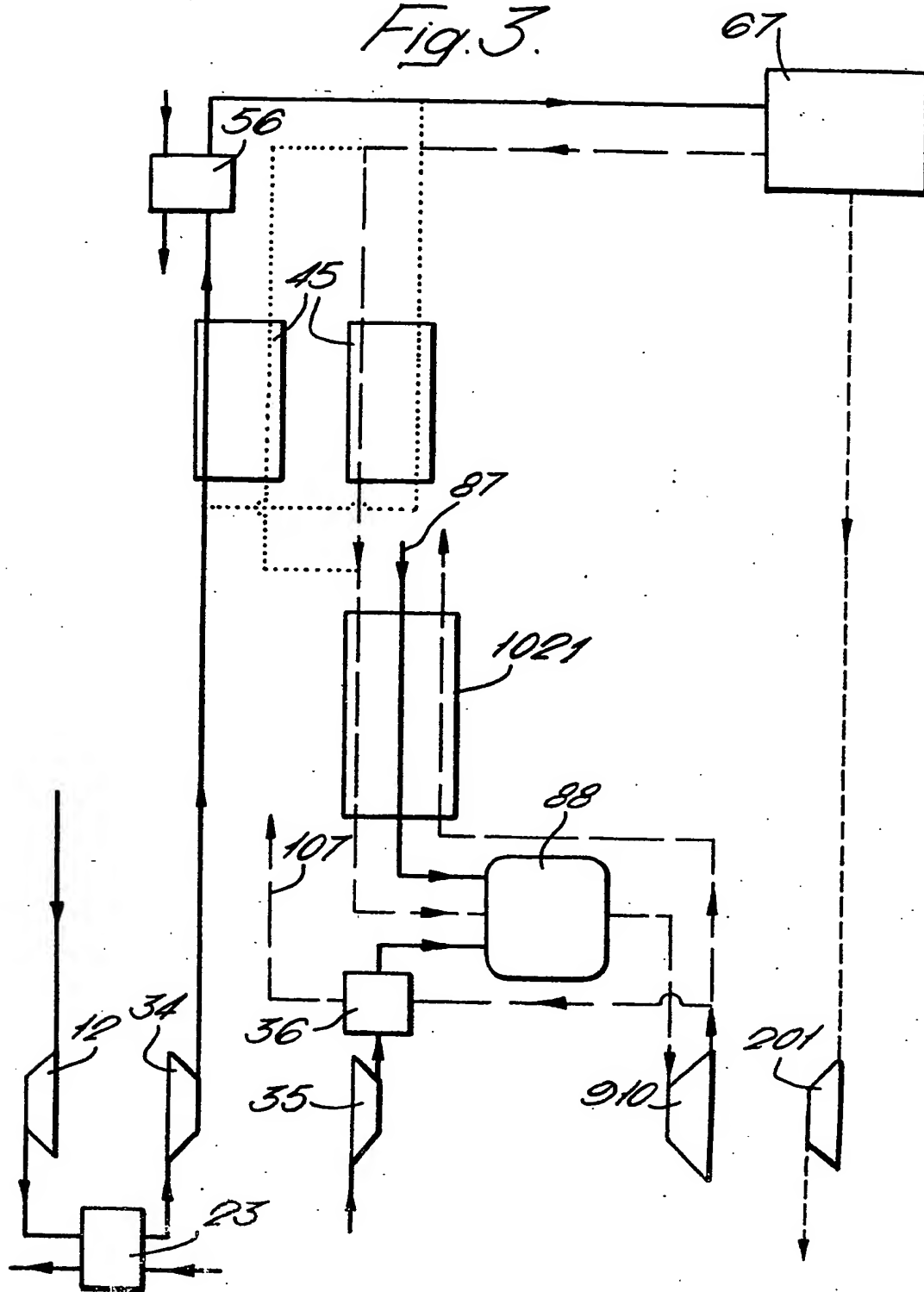


Fig. 2

Fig. 3.



THIS PAGE BLANK (USPTO)